



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 606 072 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 94100078.8

(51) Int. Cl. 5: **C07C 1/207, C07C 17/00, C07C 41/01, C07C 29/141, C07C 33/20, C07C 33/46, C07C 43/164, C07C 43/17, C07C 51/347, C07C 51/367, C07C 51/487**

(22) Anmeldetag: 05.01.94

(30) Priorität: 08.01.93 DE 4300297

(71) Anmelder: **Degussa Aktiengesellschaft  
Weissfrauenstrasse 9  
D-60311 Frankfurt(DE)**

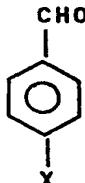
(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
13.07.94 Patentblatt 94/28

(72) Erfinder: **Bankmann, Martin, Dr.  
Karlsbader Strasse 39  
D-63571 Gelnhausen(DE)  
Erfinder: Brand, Reinhold, Dr.  
Gustav-Adolf-Strasse 25  
D-63452 Hanau(DE)  
Erfinder: Freund, Andreas, Dr.  
Untere Ebenung 4a  
D-63776 Mömbris(DE)  
Erfinder: Tacke, Thomas, Dr.  
Am Weinberg 5  
D-63579 Freigericht(DE)**

(60) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE ES FR GB IE IT NL**

(54) **Selektive katalytische Hydrierung von aromatischen Aldehyden.**

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur selektiven katalytischen Hydrierung der Carbonylgruppe von aromatischen Aldehyden der Form

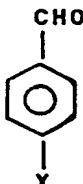


wobei X eine Carboxylgruppe, eine Methylgruppe oder ein Halogen sein kann zu den entsprechenden Alkoholen und Methylverbindungen. Die katalytische Hydrierung wird unter Zusatz eines Lösungsmittels gegebenenfalls in Gegenwart von organischen Säuren an einem geformten Trägerkatalysator enthaltend ein Platingruppen-Metall auf einem Träger aus Titanoxid in Anwesenheit von Wasserstoff bei Wasserstoff-Partialdrucken von 5 bis 50 bar und Temperaturen von 100 bis 300 ° C durchgeführt.

EP 0 606 072 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur selektiven katalytischen Hydrierung der Carbonylgruppe von aromatischen Aldehyden der Form

5



10

wobei X eine Carboxylgruppe, eine Methylgruppe oder ein Halogen sein kann zu den entsprechenden Alkoholen und Methylverbindungen.

15 Die selektive katalytische Hydrierung von aromatischen Aldehyden zu Benzylalkoholen bzw. den als Hydrogenolysefolgeprodukten entstehenden Toluolverbindungen ist für die Herstellung organischtechnischer Zwischenprodukte im Bereich der Feinchemie von großer Wichtigkeit.

20 Sie ermöglicht einen technisch einfach zu realisierenden Zugang zu diesen Produktklassen und stellt z. B. einen potentiellen alternativen Syntheseweg für die Herstellung substituierter Benzylalkohole dar, die ansonsten nach organisch-präparativen Verfahren durch gekreuzte Canizarro-Reaktion eines aromatischen Aldehyds mit Formaldehyd zugänglich sind.

25 In "Katalytische Hydrierungen" von F. Zymalkowski (Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1965; Seiten 103 - 105) werden als geeignete Hydrierkatalysatoren Palladium auf Aktivkohle (Pd/C) und Nickelkatalysatoren genannt. Für die selektive Hydrierung von 4-Chlorbenzaldehyd zu 4-Chlor-1-Hydroxymethylbenzol sind aus der GB 1,144,257 Kupferchromit-Katalysatoren bekannt. In "Forming of High Surface Area TiO<sub>2</sub> to Catalysts Supports" von Bankmann et al. in Catalysis Today 14 (1992) 225 - 242 werden Edelmetall/Titanoxid-Katalysatoren (EM/TiO<sub>2</sub>) für die Hydrierung von aromatischen Aldehyden beschrieben.

30 Herausragende technische Bedeutung hat die selektive Hydrierung von aromatischen Aldehyden im Bereich der Reinigung von Terephthalsäure oder auch von p-Hydroxymethylbenzoësäure erlangt.

35 Terephthalsäure wird durch radikal-katalysierte Flüssigphasenoxidation von p-Xylool in Essigsäure mittels Co-Mn-Aacetat-Katalysatoren und Bromaktivierung hergestellt (K. Weissermel, H.J. Arpe in "Industrieller Organische Chemie"; Verlag Chemie, Weinheim 1988, Seiten 415 - 424). Die so hergestellte Terephthalsäure enthält als Verunreinigung 4-Carboxybenzaldehyd, das das spätere Polymerisationsverfahren zu Polystern stört. Im Reinigungsschritt des Prozesses wird deshalb die Rohterephthalsäure in Wasser bei 275 bis 300 °C unter Druck gelöst und in Gegenwart von Pd/C- oder Rh/C-Katalysatoren zu p-Hydroxymethylbenzoësäure und p-Methylbenzoësäure hydriert, bzw. zu Benzoësäure decarbonyliert.

40 Die genannten Reaktionsprodukte lassen sich durch fraktionierte Kristallisation aufgrund ihrer im Vergleich zu 4-Carboxybenzaldehyd und insbesondere zu Terephthalsäure größeren Wasserlöslichkeit aus der Rohterephthalsäure entfernen.

45 Man erhält Terephthalsäure in sogenannter faserreiner Qualität mit einer Reinheit von 99.99 %, die dann in Form von Dimethylterephthalat mit Diolkomponenten (bevorzugterweise Ethylenglykol) zu Polyethylenterephthalat (PET) umgesetzt wird. Hauptverwendung dieser Polyester ist der Fasersektor.

Für die Hydrierung von 4-Carboxybenzaldehyd bei der TA-Reinigung werden nach der EP 0 265 137 bevorzugt 0,5 % Pd/C (Kokosnusskohle)-Katalysatoren eingesetzt.

50 Als weitere Katalysatoren für die TA-Reinigung sind aus der DE 27 09 525 bimetallische Pt-Rh/C- bzw. Pd-Gruppe VIII Metall/C-Mischkatalysatoren, aus der Defensive Publication No. 880 007 Official Gazette of U.S. PTO 1970 Vol. 880, number 4, page 1162 Ni/Kieselgur-Katalysatoren und aus der USP 4,743,577 Pd, Pt, Rh, Ni, Ru, Co bzw. deren Mischungen auf Metallträgern aus der Gruppe Ti, Zr, W, Cr, Ni oder Legierungen dieser Metalle bekannt.

Ein Problem beim Einsatz der beschriebenen EM/C-Katalysatoren ist der mechanische Abrieb der schwarzen Kohle-Festbettkatalysatoren, der als "black dots" zu nicht spezifikationsgerechter Faserqualität der gereinigten Terephthalsäure führt.

55 Ein weiteres technisch relevantes Anwendungsbeispiel für die selektive Hydrierung von aromatischen Aldehyden ist die katalytische Reinigung von p-Hydroxymethylbenzoësäure, einem wichtigen Monomer für die Herstellung von Poly-paramethylenbenzoat.

p-Hydroxymethylbenzoësäure wird durch elektrochemische Reduktion von Terephthalsäure hergestellt und enthält Spuren von Carboxybenzaldehyd. Zur Reinigung ist eine hochselektive Hydrierung von 4-

Carboxybenzaldehyd zu p-Hydroxymethylbenzoësäure erforderlich.

Hydrogenolyse zur p-Methylbenzoësäure darf nicht auftreten, da diese wie auch der 4-Carboxybenzaldehyd die Kettenbildung beim späteren Polymerisationsprozeß unterbricht.

Zum Einsatz kommen gemäß USP 4,812,594 Ni/Kieselgur bei 50 °C oder gemäß USP 4,721,808 Pt/C bei 75 °C in wäßrigem, basischen Lösungsmittel mit einem pH-Wert zwischen 7 und 8.

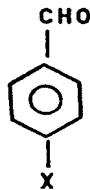
Nachteil der in den Patenten beschriebenen Verfahren ist, daß eine hohe p-Hydroxymethylbenzoësäure-Selektivität nur bei niedrigen Temperaturen erreicht wird. Bei diesen Temperaturen ist jedoch die Wasserlöslichkeit der beteiligten Reaktionspartner zu gering, so daß in basischem Lösungsmittel gearbeitet werden muß. Dies bringt wiederum den Nachteil mit sich, daß zusätzliche Basen- und Säurezusätze den Prozeßverlauf komplizieren und verteuern.

Aus der JP 53 002 441 ist eine weitere Anwendung für die selektive Hydrierung von aromatischen Aldehyden bekannt. Es handelt sich um die Hydrierung von p-Toluylaldehyd zu p-Hydroxymethyltoluol in Gegenwart von p-Xyloyl-Methylether und p-Toluylsäuremethylester an einem Fe-dotierten PtO<sub>2</sub>-Katalysator.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur selektiven katalytischen Hydrierung von aromatischen Aldehyden anzugeben, welches die genannten Nachteile der bekannten Verfahren vermeidet.

Das Verfahren soll eine verbesserte Reinigung von Rohterephthalsäure und p-Hydroxymethylbenzoësäure ermöglichen sowie die Herstellung einer ganzen Klasse von Feinchemikalien erlauben. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Herstellverfahrens für Benzylether.

Die erste Aufgabe wird durch ein Verfahren zur selektiven katalytischen Hydrierung der Carbonylgruppe von aromatischen Aldehyden der Form



30 wobei X eine Carboxylgruppe, eine Methylgruppe oder ein Halogen sein kann zu den entsprechenden Alkoholen und Methylverbindungen, gelöst. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die aromatischen Aldehyde unter Zusatz eines Lösungsmittels gegebenenfalls in Gegenwart von organischen Säuren an einem geformten Trägerkatalysator enthaltend ein Platingruppen-Metall auf einem Träger aus Titanoxid 35 in Anwesenheit von Wasserstoff bei Wasserstoff-Partialdrucken von 5 bis 50 bar und Temperaturen von 100 bis 300 °C hydriert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität aus. Durch Wahl der Phasenmodifikation und der damit verbundenen Acidität des Titanoxidträgers (Anatas, Rutil oder physikalischen Mischungen bzw. Mischphasen aus Anatas und Rutil in beliebigen Verhältnissen), Art des Edelmetalls (Platin, Palladium oder Rhodium), des Edelmetallprofils (homogene Verteilung oder Schalenprofil) und des Edelmetallgehaltes kann eine über weite Bereiche maßgeschneiderte Produktverteilung zwischen Hydrierung zu Benzylalkohol, Hydrogenolyse zur Toluolverbindung oder Decarbonylierung zu Benzoësäure erzielt werden.

40 Es wurde gefunden, daß sowohl gefälltes Titanoxid als auch pyrogenes, durch Flammenhydrolyse aus Titanetetrachlorid hergestelltes Titanoxid für die Herstellung der Titanoxidträger eingesetzt werden kann.

Gefälltes Titanoxid liegt gewöhnlich in der reinen Anatas-Modifikation vor, während pyrogenes Titanoxid aus einer Mischphase aus 75 % Anatas und 25 % Rutil besteht, welche gegebenenfalls durch entsprechende Kalzination der daraus geformten Trägerkörper vollständig in die Rutilmodifikation überführt werden kann. Durch diese Phasenumwandlung wird die Acidität des Titanoxids deutlich verringert. Bei gefällten 50 Titanoxiden, die nach dem Sulfatverfahren hergestellt werden, führt die Anwesenheit von Sulfat zu einer hohen Acidität (C. Morterra, J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1, 84 (1988), 1617 - 1637). Die Acidität von Titanoxidpulvern wird nach ASTM D 3830-80 durch Messen des pH-Wertes einer 4%igen wäßrigen Suspension bestimmt. Gefälltes Titanoxid zeigt dabei je nach restlichem Sulfatgehalt pH-Werte unter 5, gewöhnlich unter 3, während pyrogenes Titanoxid aus 75 % Anatas und 25 % Rutil pH-Werte zwischen 3 55 und 5 aufweist und kalziniertes pyrogenes Titanoxid aus 100 % Rutil pH-Werte zwischen 5 und 7 besitzt.

Vorteilhaft sind Titanoxidqualitäten mit spezifischen BET-Oberflächen zwischen 1 und 200 m<sup>2</sup>/g, die gemäß DIN 66132 mit Stickstoff bestimmt werden.

Die Trägerkörper werden bevorzugt durch Extrusion hergestellt. Hierzu wird gefälltes Titanoxidpulver oder pyrogenes Titanoxidpulver unter Zusatz von 0,5 bis 3 Gew.-% Tylose, 0,2 bis 3 Gew.-% Milchsäure und Wasser auf einem Feuchtegehalt von 28 bis 38 % angefeuchtet und bei Raumtemperatur in einem Knetaggregat intensiv verknnet. Die resultierende plastische Knetmasse wird anschließend zu zylinderförmigen Trägerkörpern mit Durchmessern von 1 bis 5 mm und Längen von 5 bis 10 mm extrudiert.

5 Die so erhaltenen Grünkörper werden schonend bei 70° C für die Dauer von 24 Stunden getrocknet und dann zur Entfernung der organischen Zuschlagstoffe kalziniert.

Durch Wahl der Kalzinationstemperatur im Bereich von 400 bis 1000° C und der Kalzinationsdauer zwischen 1 und 5 Stunden kann das Anatas/Rutil-Verhältnis in den extrudierten Trägerkörpern definiert 10 eingestellt werden.

10 Zur Erhaltung der ursprünglichen Phasenstruktur und der spezifischen Oberfläche der Ausgangsmaterialien wird bevorzugt bei 400° C nur 1 Stunde lang kalziniert.

Durch Erhöhung der Temperatur auf 700° C und fünfständiges Kalzinieren kann die Phasenstruktur des pyrogenen Titanoxids vollständig in Rutil umgewandelt werden. Dadurch verringert sich die spezifische 15 Oberfläche auf etwa 10 m<sup>2</sup>/g.

15 Die auf diese Weise hergestellten Trägerkörper besitzen ein Gesamtporenvolumen zwischen 0,15 und 0,5 ml/g, welches sich aus Mesoporen mit Durchmessern zwischen 2 und 30 nm und Makroporen mit Durchmessern größer als 30 nm zusammensetzt. Mikroporen mit Durchmessern kleiner als 2 nm treten nicht auf.

20 Das Gesamtporenvolumen wird rechnerisch aus der Summe der Mikro-, Meso- und Makroporen bestimmt. Dabei erfolgt die Bestimmung der Mikro- und Mesoporen durch Aufnahme einer N<sub>2</sub>-Isotherme und deren Auswertung nach BET, de Boer und Barret, Joyner, Halenda. Die Bestimmung der Makroporen erfolgt durch das Quecksilber-Einpreßverfahren.

25 Die Trägerkörper weisen hervorragende mechanische Eigenschaften auf. Die Bruchfestigkeit, bestimmt mit dem Bruchfestigkeitstester der Firma Erweka, Typ TBH 28, liegt je nach Kalzinationstemperatur und Dauer zwischen 40 und 80 N. Diese Bruchfestigkeiten gewährleisten, daß der Abrieb der Trägerkörper gering ist und die dadurch verursachten Verunreinigungen der Reaktionsprodukte vernachlässigbar sind.

30 Diese mechanischen Eigenschaften der Trägerkörper werden ohne den Zusatz von anorganischen Bindemitteln wie zum Beispiel Bentonit erzielt, was wiederum zu einer hohen chemischen Beständigkeit der Trägerkörper führt. Die gute chemische Beständigkeit ist beim Einsatz im erfindungsgemäßen Verfahren von besonderem Vorteil, wenn in korrosiven, sauren Reaktionsmedien gearbeitet wird, wie es zum Beispiel bei der Terephthalsäurerereinigung der Fall ist.

35 Hierbei liegt die Terephthalsäure gewöhnlich im Überschuß zu den verunreinigenden aromatischen Aldehyden vor.

35 Die katalytisch aktiven Metallkomponenten werden durch bekannte Imprägnierverfahren in die kalzinierten Trägerkörper eingebracht. Geeignete Imprägnierverfahren sind zum Beispiel die Tauchimprägnierung oder die Sprühimprägnierung unter Berücksichtigung des Porenvolumen-Imprägnierverfahrens. Bevorzugt wird die Sprüh-Imprägnierung eingesetzt.

40 Beim Porenvolumen-Imprägnierverfahren werden die löslichen Vorstufen der Metallkomponenten in einer Wassermenge gelöst, welche etwa 95 % des Wasseraufnahmevermögens der Trägerkörper entspricht, wobei der Metallgehalt der Lösung entsprechend dem gewünschten Metallgehalt der fertigen Katalysatoren eingestellt wird. Die Lösung wird dann mittels einer Sprühdüse, vorzugsweise einer Ultraschall-Sprühdüse, auf die in einer rotierenden Trommel umgewälzten Trägerkörper gesprührt.

45 Anschließend werden die so erhaltenen Katalysator-Grünkörper bei 120° C 15 Minuten lang im Wirbeltrockner getrocknet und danach, wie oben beschrieben, kalziniert.

45 Die Aktivierung der Katalysatoren wird in einem Formiergasstrom (95 % N<sub>2</sub>, 5 % H<sub>2</sub>) bei 280° C für die Dauer von einer Stunde vorgenommen. Dabei werden die Vorstufen der katalytisch aktiven Metallkomponenten reduziert.

50 Erfindungsgemäß werden als katalytisch aktive Metallkomponenten die Platingruppen-Metalle Pt, Pd oder Rhodium eingesetzt. Geeignete Vorstufen für das Imprägnierverfahren sind wasserlösliche Verbindungen dieser Edelmetalle, wie zum Beispiel Halogenide, Nitrate, Amminkomplexe und Nitrito- oder Nitrokomplexe.

55 Die Verwendung von Chloriden oder Nitraten ist nicht gleichwertig, sondern führt zu katalytischen Systemen mit unterschiedlichen Aktivitäten und Selektivitäten. Bei der Kalzination der imprägnierten Trägerkörper werden die Edelmetallverbindungen zersetzt. Während Nitrat unter reduktiven Bedingungen aus dem Katalysator restlos entfernt wird, verbleiben Reste von Chlor auf dem Katalysatorträger und verleihen ihm saure Eigenschaften (J.A.R. von Veen; Z. f. Phys. Chem. 162 (1989) 215-229).

Das sich einstellende Profil der Edelmetalle über den Querschnitt der Katalysatorkörper hängt von der Art des Edelmetallsalzes, dem pH-Wert der Imprägnierlösung und der Dauer zwischen Imprägnieren und Trocknen der Trägerkörper ab. Durchimprägnierte Katalysatoren werden zum Beispiel bei Verwendung von  $H_2PdCl_4$ ,  $H_2PtCl_6$  oder  $RhCl_3$  und Ansäuerung der Imprägnierlösungen auf einen pH-Wert zwischen 0 und 5 erhalten. Schalenprofile mit Schalendicken von bis zu  $100 \mu m$  werden dagegen erhalten, wenn die Imprägnierlösung mit Natronlauge auf einen pH-Wert von 5 eingestellt wird oder wenn an Stelle der Chloridverbindungen Nitratverbindungen der Edelmetalle verwendet werden.

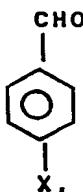
Das Imprägnierprofil kann nach Aktivieren der Katalysatoren in einfacher Weise durch Anfertigen eines Querschliffes optisch vermessen werden. Die reduzierten Edelmetalle färben die ansonsten weißen Katalysatorkörper an den imprägnierten Stellen schwarz.

Das erfindungsgemäße Verfahren liefert bevorzugt aromatische Alkohole, wenn das Platingruppen-Metall Palladium ist und in Form seiner Chlorverbindungen in den Träger mit einer homogenen Verteilung eingebracht wird.

Ebenfalls sehr hohe Aktivitäten und Selektivitäten für die Bildung der aromatischen Alkohole werden erhalten, wenn Palladium oder Platin in Form ihrer Nitratverbindungen in den Träger mit einer schalenförmigen Verteilung eingebracht werden. Diese beiden Verfahrensvarianten eignen sich besonders gut für die Reinigung von p-Hydroxymethylbenzoësäure von dem als Nebenprodukt bei der Synthese entstehendem 4-Carboxybenzaldehyd durch selektive Hydrierung zu p-Hydroxymethylbenzoësäure. In diesem Fall darf die im Überschuß vorhandene p-Hydroxymethylbenzoësäure selbst nicht weiter hydriert werden.

Die zweite Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Herstellung von Benzylethern aus aromatischen Aldehyden der Form

25



30

wobei X eine Methylgruppe, eine Carboxylgruppe oder ein Halogen sein kann, gelöst.

Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die aromatischen Aldehyde in einer alkoholischen Lösung an einem geformten Trägerkatalysator enthaltend ein Platingruppen-Metall auf einem Träger aus Titanoxid in Anwesenheit von Wasserstoff bei Wasserstoff-Partialdrucken von 5 bis 50 bar und Temperaturen von 100 bis 300° C umgesetzt werden. Bevorzugt wird dafür ein Titanoxid verwendet, welches aus einem Füllungsprozeß gewonnen wurde, in der Anatasmodifikation vorliegt und als 4 %ige Suspension in Wasser einen pH-Wert von unter 5, bevorzugt unter 3, aufweist. Als Platingruppen-Metall wird hierfür Palladium eingesetzt.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren liefert einen eleganten und einfachen Zugang zu der Produktgruppe der Alkylarylether. Es besitzt gegenüber dem herkömmlichen, präparativ-chemischen Herstellverfahren nach der Williams-Synthese den Vorteil, daß keinerlei Salzabfälle entstehen. In dieser Synthese wird das Halogen-Anion der Alkylhalogenid-Verbindung durch ein Phenolation nukleophil substituiert, wobei die Alkylhalogenid-Verbindung gewöhnlich aus dem entsprechenden Alkohol erst hergestellt werden muß. Das katalytische Verfahren bietet gegenüber der zweistufigen Williams-Synthese zusätzlich den Vorteil eines einstufigen Verfahrens.

Die Erfindung wird nun anhand einiger Beispiele näher erläutert.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Edelmetall/Titanoxid-Katalysatoren (EM/TiO<sub>2</sub>) K1 bis K12 hergestellt. Als Vergleichskatalysator diente ein Palladium/Aktivkohle-Katalysator (Pd/C) wie er in den bekannten Hydrierverfahren eingesetzt wird.

Die Katalysatoren K1 bis K3, K7 und K10 sowie der Vergleichskatalysator wurden als Schalenkatalysatoren mit einer Schalendicke von unter  $100 \mu m$  hergestellt. Dabei diente für die Katalysatoren K1 bis K3  $H_2PdCl_4$  als Vorstufe für Palladium. Die Ausbildung der Schale wurde durch Einstellen des pH-Wertes der Imprägnierlösung auf 5 durch Zugabe von Natronlauge erreicht. Die Schale der Katalysatoren K7 und K10 wurde durch Verwendung von Palladium(II)-nitrat,  $Pd(NO_3)_2$  und Platinnitrat erzielt.

Die Katalysatoren K4 bis K6, K8 bis K9, K11 und K12 wurden als durchimprägnierte Katalysatoren durch Verwendung von  $H_2PdCl_4$ ,  $H_2PtCl_6$  bzw.  $RhCl_3$  und ansäuern der Imprägnierlösungen mit HCl auf

einen pH-Wert von 1 hergestellt.

Zur Charakterisierung der Metalldispersion wurde die CO-Adsorption an den Metallkristalliten ermittelt.

Die CO-Adsorption war jeweils auf den reinen Anatas-Katalysatorkörpern (Katalysatoren K1 und K4) mit 0,1 bzw. 0,19 ml CO/g Katalysator trotz der großen spezifischen Oberfläche dieses Materials von  $92 \text{ m}^2/\text{g}$  am niedrigsten. Die beste Metalldispersion lag auf den Katalysatorkörpern mit einem Phasenverhältnis Anatas/Rutil von 75/25 vor. Aber auch die Katalysatoren auf reinem Rutil mit einer spezifischen Oberfläche von nur  $18 \text{ m}^2/\text{g}$  zeigten noch eine Überraschend hohe CO-Adsorption.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde beispielhaft in einem Autoklaven von einem Liter Fassungsvermögen durchgeführt. Der Autoklav war mit einem Katalysatorkorb, Begasungsrührer und einem Probenahmesystem ausgerüstet. Bei den Versuchen wurden die folgenden Reaktionsbedingungen eingehalten:

	15	Edukt/Einwaage CHO	Lösungsm./ Einwaage	Zusatz COOH	Katalysator- einwaage	pH <sub>2</sub> *	T	Drehzahl	
	20			X	(g)	COOH (g)	(bar)	(°C)	(min <sup>-1</sup> )
25	X = COOH / 5 g	H <sub>2</sub> O / 495		-	2.0	10	150	1000	
	X = COOH / 5 g	H <sub>2</sub> O / 495		5	2.0	13	270	1000	
30	X = CH <sub>3</sub> / 5 g	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH / 495		-	2.0	17	150	1000	
	X = Cl / 5 g	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH / 495		-	2.0	17	150	1000	

\* Wasserstoff-Partialdruck bei Reaktionstemperatur T

35 Der Katalysator wurde in den Katalysatorkorb gegeben und mit Raschigringen zur Fixierung eingebettet. In die Reaktionskammer des Autoklaven wurde dann das Edukt und anschließend das Lösungsmittel eingefüllt. Unter leichtem Rühren bei  $200 \text{ min}^{-1}$  wurde auf Reaktionstemperatur aufgeheizt. Nach Erreichen der Solltemperatur wurde die Rührerdrehzahl auf  $1000 \text{ min}^{-1}$  erhöht und 15 Minuten gerührt. Nachfolgend wurde eine Blindprobe gezogen und dann der Wasserstoff aufgedrückt.

40 Zur Verfolgung des Reaktionsverlaufs wurden jeweils nach 0,17 Stunden ( $\approx 10$  Minuten), 1 Stunde, 2 Stunden und 4 Stunden weitere Proben von jeweils 2,5 ml gezogen und in 3,5 molarer NH<sub>4</sub>OH-Lösung (5,0 ml) gelöst.

45 Bei der Hydrierung von 4-Carboxybenzaldehyd wurde der Gehalt der Proben an noch nicht umgesetztem Edukt mit HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) ermittelt. Dazu wurden die Proben mit vollentsalztem Wasser weiter auf das 500-fache verdünnt.

50 Im Falle der Hydrierung von 4-Chlorbenzaldehyd bzw. p-Tolylaldehyd wurde die Umsetzung dieser Edukte mit GC Gas Chromatography verfolgt.

#### Beispiel 1

55 In Tabelle 2 sind die Aktivitäts- und Selektivitätswerte eines 0,5 % Pd/C-Vergleichskatalysators (VK) auf Basis eines Kokosnusschalenaktivat-Trägermaterials und eines 0,5 % Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysators (K2) für die Umsetzung einer 1 %igen wäßrigen Lösung von 4-Carboxybenzaldehyd (CBA) im 1 l Rührautoklav bei  $150^\circ \text{C}$  und 10 bar Wasserstoffdruck aufgelistet.

Der zeitabhängige Hydrierverlauf zeigt, daß der Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 hochaktiv ist und CBA mit der gleichen sehr hohen Geschwindigkeit umgesetzt wie der Pd/C-Vergleichskatalysator VK.

Der Pd/C-Katalysator VK liefert mit hoher Selektivität p-Hydroxymethylbenzoësäure (HMBA), während mit dem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 in Abhängigkeit von der Reaktionsdauer bei kurzer Reaktionszeit die Alkoholkomponente HMBA oder bei längerer Reaktionszeit das Hydrogenolyse-Folgeprodukt p-Methylbenzoësäure (MBA) entsteht.

5

#### Beispiel 2

In Tabelle 3 sind die Hydrierergebnisse an CBA bei Verwendung von Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren mit verschiedenen Anatas/Rutil-Phasenverhältnissen im TiO<sub>2</sub>-Träger und unterschiedlichen Pd-Profilen aufgeführt.

10 Durch Einsatz von Pd/TiO<sub>2</sub>-Schalenkatalysatoren auf Basis von TiO<sub>2</sub>-Trägern mit verschiedenen Anatas/Rutil-Phasen-Verhältnissen wird die Selektivität bei der Hydrierung von CBA wesentlich beeinflußt.

15 So wird mit dem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K1 auf Basis eines reinen Anatas-Trägers bei einem CBA-Umsatz von 89 % mit einer Selektivität von über 95 % HMBA gebildet. Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 mit einem 25 %igen Rutil-Anteil im Träger-System liefert hingegen bei gleichen Reaktionsbedingungen 55 % des Hydrogenolyseprodukts p-Methylbenzoësäure.

Mit dem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K3 auf Basis eines reinen Rutil-Trägers wiederum entsteht neben dem Hauptprodukt HMBA zu 14,7 % das Decarbonylierungsprodukt Benzoësäure.

20 Im Vergleich zu diesen Resultaten werden bei uniformer Pd-Verteilung diese von der TiO<sub>2</sub>-Modifikation abhängigen Selektivitätsunterschiede nicht beobachtet.

25 Die Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsysteme K4 bis K6 auf Anatas-, Anatas/Rutil- und Rutil-Träger zeichnen sich hingegen allesamt durch sehr hohe HMBA-Bildungsraten zwischen 92,7 und 95,4 % aus und sind dem Pd/C-Vergleichskatalysator VK überlegen.

#### Beispiel 3

Tabelle 4 zeigt den Einfluß der Edelmetallvorstufe bei der Herstellung des Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystems auf die Selektivität.

30 Der mit H<sub>2</sub>PdCl<sub>4</sub> imprägnierte Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 führt bei nahezu quantitativem Umsatz zu einem Gemisch aus dem Hydrierprodukt HMBA und dem Hydrogenolyse-Folgeprodukt MBA. Beim Einsatz eines mit Pd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> imprägnierten Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysators K7 entsteht hingegen mit sehr hoher Selektivität die Alkoholkomponente HMBA. Die HMBA-Bildungsrate ist dabei auf dem gleichen Niveau wie beim Pd/C-Vergleichskatalysator VK.

#### Beispiel 4

In Tabelle 5 ist der Einfluß des Pd-Gehaltes, des Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystems auf Selektivität und Aktivität bei der CBA-Hydrierung aufgelistet.

40 Durch Variation des Pd-Gehaltes im Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystem kann das HMBA-/MBA-Verhältnis gezielt gesteuert werden.

Mit Katalysator K5 und seiner geringen Pd-Belegung von 0,5 % Pd entsteht bei hohem Umsatz mit hoher Selektivität der Benzylalkohol. Mit zunehmendem Pd-Gehalt nimmt die MBA-Selektivität zu und erreicht beim 2 %igen Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K9 über 37 % Selektivität für das Hydrogenolyse-Folgeprodukt p-Methylbenzoësäure.

45 Parallel hierzu nimmt mit steigendem Pd-Gehalt die Hydrieraktivität, erkennbar an den erhöhten Umsatzzahlen nach 1 Stunde Reaktionszeit, zu.

#### Beispiel 5

50 Tabelle 6 gibt den Einfluß der Reaktionsparameter Wasserstoff-Partialdruck und Reaktionstemperatur auf die Selektivität wieder.

Durch Erhöhung des Wasserstoff-Partialdrucks von 10 bar auf 20 bar wird bei der Hydrierung von CBA mit dem Pd/TiO<sub>2</sub> Katalysator K9 die MBA-Selektivität auf einen Wert über 90 % gesteigert.

55 Die Erhöhung der Reaktionstemperatur um 100 auf 250 °C führt mit Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K9 bei quantitativem Umsatz zu über 70 % Kernhydrierungsprodukten wie 4-Methylcyclohexansäure.

Beispiel 6

Tabelle 7 zeigt die Testergebnisse für verschiedene Pt/TiO<sub>2</sub>- und Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren bei 150 und 250 ° C.

5 Der nach der Nitrat-Imprägniermethode hergestellte Pt/TiO<sub>2</sub>-Schalenkatalysator K10 führt mit hoher Selektivität zur p-Hydroxymethylbenzoësäure.

Der Pt/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K11 mit uniformer Pt-Verteilung zeigt eine deutlich geringere Aktivität und liefert ausschließlich ebenfalls die Alkoholkomponente.

10 Temperaturerhöhung um 100 auf 250 ° C verschiebt bei nunmehr quantitativem CBA-Umsatz die Selektivität in Richtung des Hydrogenolyseproduktes MBA und kernhydrierten Produkten.

Mit dem Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K12 entsteht bei 150 ° C bei noch geringem Umsatz mit einer Selektivität von > 88 % p-Hydroxymethylbenzoësäure.

15 Bei 250 ° C entstehen bei quantitativem CBA-Umsatz nach 4 Stunden Reaktionszeit neben 25 % des Hydrogenolyseprodukts MBA durch Decarbonylierung 34,3 % Benzoësäure und 37,7 % kernhydrierte Produkte KH.

Beispiel 7

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der CBA-Hydrierung in Gegenwart von Terephthalsäure bei 270 ° C mit den Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren K1, K2, K3, K7 und dem Pd/C-Vergleichskatalysator VK zusammengestellt.

20 Alle getesteten Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren sind in Gegenwart von Terephthalsäure unter den drastischen Reaktionsbedingungen von 270 ° C mechanisch und chemisch stabil.

Auflösung, mechanische Ablösung oder Zerfall der Katalysatorformkörper treten nicht auf.

25 Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Titanoxid-Katalysatoren eine sehr hohe mechanische Festigkeit aufweisen und die zugrunde liegenden TiO<sub>2</sub>-Trägermaterialien särureresistent sind und ohne Zusatz von anorganischen Bindemitteln, die sich in organischen Säuren lösen könnten, verformt worden sind.

Überraschend ist, daß das EM/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystem bei den hohen Reaktionstemperaturen die Terephthalsäure überhaupt nicht hydriert, sondern hochselektiv den 4-Carboxybenzaldehyd abbaut.

30 Die Terephthalsäure-Konzentration bleibt bei allen Umsetzungen über den gesamten Hydrierverlauf konstant.

Die Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren zeigen in Abhängigkeit von dem Anatas/Rutil-Phasenverhältnis des zugrunde liegenden TiO<sub>2</sub>-Trägers in Gegenwart von Terephthalsäure tendenziell das gleiche Selektivitätsmuster der HMBA/MBA-Produktverteilung wie bei der CBA-Hydrierung bei 150 ° C.

35 Die zusätzlich auftretende Decarbonylierung zu Benzoësäure ist auf die hohe Reaktionstemperatur zurückzuführen. Mit dem Pd/C-Vergleichskatalysator VK wird als Hauptprodukt Benzoësäure mit einer Selektivität von 55,6 % gebildet.

Der Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K1 auf Basis von reinem Anatas liefert bei vergleichsweise geringem CBA-Umsatz mit 71,4 % die höchste HMBA-Selektivität. Mit dem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 auf Basis des Anatas/Rutil-Mischträgers wird bevorzugt das Hydrogenolyseprodukt MBA gebildet.

40 Der vergleichbare über die Nitrat-Imprägniermethode hergestellte Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K7 führt bei einer etwa gleich hohen CBA-Umsatzrate von über 90 % zu einem deutlichen Überschuß an HMBA gegenüber MBA.

Mit dem Rutil-, Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K3 wird die Hydrogenolysereaktion zu p-Methylbenzoësäure weitgehend unterdrückt.

45 Neben dem Decarbonylierungsprodukt Benzoësäure entsteht als Haupt-Hydrierprodukt mit einer Selektivität von 61,5 % p-Hydroxymethylbenzoësäure.

Beispiel 8

50 Tabelle 9 gibt die Testergebnisse der selektiven Hydrierung von p-Methylbenzaldehyd wieder.

Die erfundsmäßigen Pd-, Pt-, und Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren zeigen unter den gewählten Reaktionsbedingungen (150 ° C Lösungsmittel Ethanol, p = 10 bar) stark ausgeprägte Selektivitätsunterschiede.

So wird beim Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystem allein durch die Variation des Anatas/Rutil-Phasenverhältnisses im TiO<sub>2</sub>-Träger die Selektivität für die verschiedenen Reaktionsprodukte bestimmt.

55 Der Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K1 liefert mit einer Selektivität von 99 % p-Methylbenzylether. Die bevorzugte Bildung der Etherkomponente ist auf die sauren Anteile der Anatas-Trägerkomponente zurückzuführen, wodurch die Veretherung des gebildeten Benzylalkohols mit dem Lösungsmittel Ethanol katalysiert wird.

Der Einsatz des Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysators K3 auf reinem Rutil-Träger führt hingegen mit einer Selektivität von 64,5 % zur Bildung des entsprechenden Benzylalkohols. Veretherung mit dem Lösungsmittel wird aufgrund der nicht sauren Eigenschaften des Rutil-Trägers nicht beobachtet.

5 Mit Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 wird mit einer Selektivität von über 76 % als Hauptprodukt das Hydrogenolyse-Produkt p-Xylol gebildet. Als Nebenprodukt entsteht der entsprechende Benzylether.

Im Vergleich dazu wird beim weniger sauren Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K7 bei ansonsten gleichhoher p-Xylol-Selektivität die Veretherung des Benzylalkohols weitgehend unterdrückt.

Der Katalysator Pt/TiO<sub>2</sub> K10 führt zu über 84 % zu Benzylalkohol bzw. Benzylether. Zudem wird eine geringe Umsetzung zu dem Kernhydrierungsprodukt 1,4-Dimethylcyclohexan beobachtet.

10 Die mit dem Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysator katalysierte Umsetzung liefert vergleichbar mit dem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 mit einer hohen Selektivität von 76,1 % das Hydrogenolyseprodukt p-Xylol.

#### Beispiel 9

15 Tabelle 10 gibt die Testergebnisse der selektiven Hydrierung von 4-Chlorbenzaldehyd an verschiedenen EM/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren wieder.

Alle getesteten Pd/TiO<sub>2</sub>- und Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren zeigen unter den gewählten Reaktionsbedingungen (Lösungsmittel Ethanol, T = 150 ° C, p = 10 bar H<sub>2</sub>) hohe Umsatzaktivitäten.

20 Durch Variation des TiO<sub>2</sub>-Phasenverhältnisses im Trägermaterial des Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysatorsystems kann die Selektivität über einen breiten Bereich gezielt gesteuert werden.

Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K1 auf Basis von 100 % Anatas führt ausschließlich zur Etherkomponente, die durch saure Veretherung des entsprechenden 4-Chlorbenzylalkohols gebildet wird.

Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K2 hingegen bewirkt zum Großteil die Dehydrohalogenierung des Hydrogenolyseproduktes 4-Chlortoluol zu Toluol.

25 Bei Einsatz des Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysators K3 auf Basis von reinem Rutil wird überwiegend 4-Chlortoluol gebildet und im Vergleich zu Katalysator K2 die Dehydrohalogenierungsreaktion zurückgedrängt.

Der Pt/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K10 führt bei niedrigem Umsatz mit über 64 % zu einer in etwa 1 : 1 Mischung von 4-Chlorbenzylalkohol und 4-Chlorbenzylethylether. Zudem wird auch Kernhydrierung zu 1-Chlor-4-methylcyclohexan beobachtet.

30 Diese Kernhydrierung ist beim Rh/TiO<sub>2</sub>-Katalysator K12 der bevorzugt durchlaufene Reaktionskanal und liefert mit einer Selektivität von knapp 60 % 1-Chlor-4-methylcyclohexan.

35

40

45

50

55

Tabelle 1 Charakterisierung der EM/T10<sub>2</sub>-Katalysatoren  
Extrudatdurchmesser 3 mm; Länge 6 mm

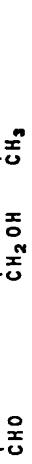
Kat.	Träger	Modifikation	Spezif. Anatas	EM- Oberfl. Rut11	Gehalt [%]	EM- Profil	Co-Adsorption (ml CO/gKat)
VK	Aktivkohle*)	-		1170	Pd	0,5	S
K1	T10 <sub>2</sub>	100	0	92	Pd	0,5	S
K2	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pd	0,5	S
K3	T10 <sub>2</sub>	0	100	18	Pd	0,5	S
K4	T10 <sub>2</sub>	100	0	92	Pd	0,5	U
K5	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pd	0,5	U
K6	T10 <sub>2</sub>	0	100	18	Pd	0,5	U
K7	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pd	0,5	U
K8	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pd	1,0	U
K9	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pd	2,0	U
K10	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pt	1,0	S
K11	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Pt	1,0	U
K12	T10 <sub>2</sub>	75	25	50	Rh	1,0	U

\*) Körngröße 4 x 8 mesh

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

55

**Tabelle 2** Vergleich der Katalysatorstabilität eines Pd/C-Vergleichskatalysators und einem Pd/TiO<sub>2</sub>-Katalysator

Kat.	Träger	Modifikation	EN	Gehalt [%]	Reakt.zeit [h]	Umsatz [%]	Selektivität [%]		
							CBA	HMBA	NBA
									
VK	Aktivkohle	-	Pd	0,5	S	0,17	54,0	99,3	0,7
						1,0	98,8	94,1	5,8
						2,0	99,8	92,0	7,9
						4,0	99,9	91,4	8,6
K2	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	0,5	S	0,17	51,4	98,9
							1,0	99,8	72,3
							2,0	99,9	55,0
							4,0	99,9	44,6
									0,3
									0,2
									0,1
									0,0

CBA: 4-Carboxybenzaldehyd  
 HMBA: p-Hydroxymethylbenzoessäure  
 NBA: p-Methylbenzoessäure  
 BA: Benzoessäure  
 Prof.: Profil

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

55

**Tabelle 3** Einfluß der  $TiO_2$ -Modifikation und des Pd-Profilis  
auf die Selektivität

Kat.	Träger	Modifikation	EW	Gehalt	Profil	Reakt.-zeit [h]	Umsatz [%]		Selektivität [%]		
							Anatas	Rutile	CBA	HNBA	
K1	$TiO_2$	100	0	Pd	0,5	S	4	89,2	95,6	3,9	0,2
							1	56,2	97,4	2,0	0,3
K2	$TiO_2$	75	25	Pd	0,5	S	4	99,9	44,7	55,1	0,2
							1	99,8	72,3	27,6	0,1
K3	$TiO_2$	0	100	Pd	0,5	S	4	99,7	85,1	0,1	14,7
							1	89,7	98,7	0,1	1,2
K4	$TiO_2$	100	0	Pd	0,5	U	4	96,6	96,0	3,6	0,3
							1	71,2	97,7	2,1	0,0
K5	$TiO_2$	75	25	Pd	0,5	U	4	99,4	93,8	4,8	1,4
							1	90,9	98,2	0,4	1,5
K6	$TiO_2$	0	100	Pd	0,5	U	4	97,3	98,0	1,4	0,4
							1	68,0	99,1	0,0	0,7

5

10

15

20

30

55

45

25

50

55

Tabelle 4 Einfluß der Edelmetallvorstufen des Katalysators auf die Selektivität

Kat.	Träger	Modifikation	EH	Gehalt	Prof.	Präp.	Reakt.-zeit [ h ]	Umsatz [ % ]		Selektivität [ % ]		
								CBA	HMBA	NBA	BA	
K2	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd	0,5	S	H <sub>2</sub> PdCl <sub>4</sub>	4	99,9	44,7	55,1	0,2
								1	99,8	72,3	27,6	0,1
K7	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd	0,5	S	Pd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4	99,7	92,3	7,4	0,2
								1	82,2	99,1	0,3	0,4

Präp.: Edelmetallvorstufe für die Präparation der Katalysatoren

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 5 Einfluß des Pd-Gehaltes

Kat.	Träger	Modifikat.	EN	Gehalt [%]	Reakt.-zeit [h]	Umsatz [%]		Selektivität [%]		
						CBA	HMBA	NBA	BA	
K5	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd 0,5	4	99,4	93,8	4,8	1,4	14
					1	90,9	98,2	0,4	1,5	
K8	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd 1,0	4	99,6	71,5	28,4	0,1	
					1	94,2	95,5	4,3	0,5	
K9	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd 2,0	4	99,7	62,3	37,4	0,1	
					1	97,1	94,7	5,0	0,1	

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50**Tabelle 6** Einfluß von Reaktionstemperatur und Wasserstoff-Partialdruck auf Selektivität

Kat.	Träger	Modifikat.	EM	Gehalt	Prof.	Rkt.-Bed.		Umsatz [%]		Selektivität [%]				
						t	T	pH <sub>2</sub>	CBA	HMBA	MBA	BH <sup>*</sup>		
Anatas Rutile								[h] [°C] [bar]						
K9	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	2,0	U	4	150	10	99,7	62,3	37,4	0,1	0,0
							1			97,1	94,7	5,0	0,1	0,0
K9	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	2,0	U	4	150	20	99,8	0,9	90,5	0,0	8,6
							1			97,5	56,3	43,7	0,0	0,0
K9	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	2,0	U	4	250	20	100,0	0,5	28,2	0,4	70,9
							1			99,3	14,3	66,6	3,7	15,4

KH = kernhydrierte Reaktionsprodukte

pH<sub>2</sub> = Wasserstoff-Partialdruck bei Reaktionstemperatur

Rkt.-Bed. = Reaktionsbedingungen

50 45 40 35 30 25 20 15 10 5

Tabelle 7 Einfluß von Edelmetall und Reaktionstemperatur auf die Selektivität

Kat.	Träger	Modifikat.	EM	Gehalt	Prof.	Rkt.-Bed.	Umsatz [%]			Selektivität [%]			
							t	T	CBA	HMBA	NBA	BA	KH
		Anatas Rut11	[ % ]				[ h ]	[ °C ]					
K10	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pt	1,0	S	4	150	99,3	92,6	7,1	0,1	0,0
							1		93,8	99,6	0,0	0,2	0,0
K11	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pt	1,0	U	4	150	36,1	100,0	0,0	0,0	0,0
							1		10,8	100,0	0,0	0,0	0,0
K11	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pt	1,0	U	4	250	99,9	13,0	47,5	8,6	30,9
							1		87,6	62,8	16,0	12,7	8,5
K12	T10 <sub>2</sub>	75	25	Rh	1,0	U	4	150	40,8	88,1	5,5	6,4	0,0
							1		13,8	100,0	0,0	0,0	0,0
K12	T10 <sub>2</sub>	75	25	Rh	1,0	U	4	250	99,9	2,7	25,3	34,3	37,7
							1		57,0	28,4	6,3	49,3	16,0

Tabelle 8 Selektivität der CBA-Hydrierung in Gegenwart von Terephthalsäure bei 270° C

Vor- Kataly- st	Aktivk. Träger	Modifizierung Anatase Rutile	EM [ % ]	Gehalt [ % ]	Profil	Reakt.- zeit [ h ]	Umsatz [ % ] Selektivität [ % ]			
							CBA	HMBA	MBA	BA
K1	T10 <sub>2</sub>	100	0	Pd 0,5	S 4	99,7	20,4	23,9	55,6	
K2	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd 0,5	S 4	37,6	71,4	22,9	5,7	
K3	T10 <sub>2</sub>	0	100	Pd 0,5	S 4	90,5	32,3	39,6	28,1	
K7	T10 <sub>2</sub>	75	25	Pd 0,5	S 4	83,4	61,5	5,5	33,0	
							90,1	48,3	16,8	34,3

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

55

Tabelle 9 Selektive Hydrierung von p-Methylbenzaldehyd an EM/TiO<sub>2</sub>-Katalysatoren

Kat.	Träg.	Modifik.	EM	Geh. Prof.	Rkt.-Umsatz [%]	Zeit	Selektivität [%]			Sonstiges			
							CHO	CH <sub>2</sub> OR	CH <sub>3</sub>				
K1	TiO <sub>2</sub>	100	0	Pd	0,5	s	4	74,1	0,0	99,0	0,0	1,0	
K2	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	0,5	s	4	78,9	0,0	21,9	76,8	1,3	
K3	TiO <sub>2</sub>	0	100	Pd	0,5	s	4	62,9	64,5	2,4	33,2	0,0	
K7	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pd	0,5	s	4	95,7	16,2	7,7	74,2	2,0	
K10	TiO <sub>2</sub>	75	25	Pt	1,0	s	4	46,5	35,2	48,9	2,3	10,8	2,8
K12	TiO <sub>2</sub>	75	25	Rh	1,0	u	4	78,8	0,0	15,5	76,1	6,3	2,1

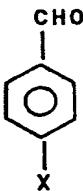
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

**Tabelle 10** Selektive Hydrierung von 4-Chlorbenzaldehyd an  $\text{EN/TiO}_2$ -Katalysatoren

Kat.	Träg.	Modifizk.	EN	Geh. Prof. [%]	Rkt.-Zeit [h]	Umsatz [%]	Selektivität [%]			R = H R = $\text{C}_2\text{H}_5$
							CHO	$\text{CH}_2\text{OR}$	$\text{CH}_3$	
K1	$\text{TiO}_2$	100	0	Pd 0,5	5	4	84,7	0,0 100,0	0,0 0,0	0,0 0,0
K2	$\text{TiO}_2$	75	25	Pd 0,5	5	4	78,2	0,0 15,0	18,7 3,1	62,2
K3	$\text{TiO}_2$	0	100	Pd 0,5	5	4	91,2	0,0 10,2	30,1 4,8	54,9
						1	33,7	0,0 16,5	44,6 0,0	38,9
K10	$\text{TiO}_2$	75	25	Pt 1,0	5	4	24,2	27,9 36,3	0,0 35,0	0,0
K12	$\text{TiO}_2$	75	25	Rh 1,0	U	4	88,1	0,0 15,5	4,2 58,5	21,7

55 **Patentansprüche**

1. Verfahren zur selektiven katalytischen Hydrierung der Carbonylgruppe von aromatischen Aldehyden der Form



10 wobei X eine Carboxylgruppe, eine Methylgruppe oder ein Halogen sein kann zu den entsprechenden Alkoholen und Methylverbindungen,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß die aromatischen Aldehyde unter Zusatz eines Lösungsmittels gegebenenfalls in Gegenwart von organischen Säuren an einem geformten Trägerkatalysator enthaltend ein Platingruppen-Metall auf einem Träger aus Titanoxid in Anwesenheit von Wasserstoff bei Wasserstoff-Partialdrücken von 5 bis 50 bar und Temperaturen von 100 bis 300° C hydriert werden.

15

20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß das Titanoxid ein durch einen Fällungsprozeß oder durch Flammenhydrolyse hergestelltes Titanoxid ist und in der Anatas- oder Rutilmodifikation sowie deren Mischungen oder Mischphasen vorliegen kann.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß der geformte Trägerkatalysator keine anorganischen Bindemittel enthält.

30 4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß der Trägerkatalysator Außenabmessungen von 1 bis 10 mm und eine Bruchfestigkeit größer als 40 N aufweist.

35 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß das Platingruppen-Metall Platin, Palladium oder Rhodium ist und in einer Menge von 0,01 bis 3,0 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht des Trägers, vorliegt.

40 6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß die Hydrierung in Gegenwart von Terephthalsäure durchgeführt wird und die organische Säure im Verhältnis zum aromatischen Aldehyd im Überschuß vorliegen kann.

45 7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß der Trägerkatalysator durch Imprägnieren des Trägers aus Titanoxid mit einer wasserlöslichen Chlor- oder Nitratverbindung des Platingruppen-Metalls, nachfolgendem Trocknen und Kalzinieren und Aktivieren in einem Wasserstoff enthaltenden Gasstrom erhältlich ist.

50 8. Verfahren nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß das Platingruppen-Metall Palladium ist und in Form seiner Chlorverbindungen in den Träger mit einer homogenen Verteilung eingebracht wird.

55 9. Verfahren nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
 daß das Platingruppen-Metall Palladium ist und in Form seiner Nitratverbindungen in den Träger mit einer schalenförmigen Verteilung eingebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das Platingruppen-Metall Platin ist und in Form seiner Nitratverbindungen in den Träger mit einer schalenförmigen Verteilung eingebracht wird.

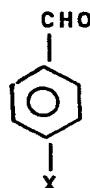
5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Hydrierung in Gegenwart von p-Hydroxymethylbenzoësäure durchgeführt wird und die organische Säure im Verhältnis zum aromatischen Aldehyd im Überschuß vorliegen kann.

10

12. Verfahren zur Herstellung von Benzylethern aus aromatischen Aldehyden der Form

15



20

wobei X eine Methylgruppe, eine Carboxylgruppe oder ein Halogen sein kann,  
**dadurch gekennzeichnet,**

25 daß die aromatischen Aldehyde in einer alkoholischen Lösung an einem geformten Trägerkatalysator enthaltend ein Platingruppen-Metall auf einem Träger aus Titanoxid in Anwesenheit von Wasserstoff bei Wasserstoff-Partialdrucken von 5 bis 50 bar und Temperaturen von 100 bis 300 ° C umgesetzt werden.

30

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß das Titanoxid ein aus einem Fällungsprozeß gewonnenes Titanoxid in der Anatasmofifikation ist, welches in einer 4%igen wäßrigen Suspension einen pH-Wert von kleiner als 5, bevorzugt unter 3, aufweist und daß das Platingruppen-Metall Palladium ist.

35

40

45

50

55